

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри  
\_\_\_\_\_Леонтєв П.В.  
\_\_\_\_\_2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг»  
(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:

Доцент, кандидат технічних наук:

Кулінченко Г.В.

Дипломник:

студент групи СУ-81

Понамарьов Я.О.

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-81 6.151.04 ПЗ	Пояснювальна записка	40		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-81 6.151.04 А2	Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг. Функціональна схема автоматизації	1		
7	A4	СУ-81 6.151.04 С1	Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		

					<b>СУ-81 6.151.07.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Понамарьов Я.О.			<b>Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.		Кулінченко Г.В.					2	40
Реценз.					<b>СумДУ, СУ-81</b>			
Н. Контр.								
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Леонт'єв П.В.

\_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту  
Понамарьову Ярославу Олександровичу

1. Тема проєкту: Система автоматизованого керування станції рекуперації етилацетату. Затверджено наказом ректора університету. № 0360-VI від 17.05.2022.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту “31” травня 2022 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області, система автоматизованого керування електроприводом робочого апарату вантажопідйомністю 200 кг.
5. Перелік графічних матеріалів: 23 рисунків, 7 таблиць, 15 додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	12.04.2022 – 20.04.2022
2	Конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	21.04.2022 – 06.05.2022
3	Розробка основних схем автоматизації.	07.05.2022 – 01.06.2022
4	Вибір засобів автоматизації	02.06.2022 – 05.06.2022
5	Розробка SCADA системи	06.06.2022 – 10.06.2022
6	Оформлення дипломного проєкту та супровідної документації	10.06.2022 – 14.06.2022

7. Дата видачі завдання “17” травня 2022р.

Керівник проєкту:

Доцент, кандидат технічних наук:

Кулінченко Г.В.

До виконання прийняв:

студент групи СУ-81

Понамарьов Я.О.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизованого керування електроприводом робокару  
вантажопідйомністю 200 кг

Розробник:

студент групи СУ-81

Понамарьов Я.О.

Погоджено:

Доцент, кандидат технічних наук:

Кулінченко Г.В.

1. Назва і галузь застосування: система автоматизованого керування електроприводом робокару вантажопідйомністю 200 кг; вантажо-розважувальні і транспортні роботи.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0360-VI від 17.05.2022;

3. Мета і призначення проекту: Оглянути систему, розробити функціональні схеми автоматизації; Створити систему автоматизованого керування електроприводом робокару вантажопідйомністю 200 кг.

4. Джерела розроблення:

- 1) Основы автоматизации технологических процессов : учебник / В.Ю. Шишмарёв. — Москва : КНОРУС, 2019. — 406 с.
- 2) Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, о. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. - 2-е ИЗД., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 304 с. ISBN 5-7695-2911-3
- 3) Harmeet Kaur, Himanshi Nigdikar, Kratika Mittal, Ajender Singh Car Parking Monitoring Using PLC & SCADA - National Conference on Synergetic Trends in engineering and Technology (STET-2014)  
International Journal of Engineering and Technical Research ISSN: 2321-0869, Special Issue.
- 4) Filaretov V. F. Planning smooth paths for mobile robots in an unknown environment / V. F. Filaretov, D. A. YY» // Journal of Computer and Systems Sciences International. - Vol. 56. - Issue 4. - 2017.

5. Режим роботи об'єкта: режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. Умови експлуатації СК: живлення двигуна – 24 В, живлення МК – 3,3В. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче IP 20.

7. Технічні вимоги: ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	12.04.2022 – 20.04.2022
2	Конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	21.04.2022 – 06.05.2022
3	Розробка основних схем автоматизації.	07.05.2022 – 01.06.2022
4	Вибір засобів автоматизації	02.06.2022 – 05.06.2022
5	Розробка SCADA системи	06.06.2022 – 10.06.2022
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	10.06.2022 – 14.06.2022

9. Додатки: Схема інформаційно-матеріальних потоків, Функціональна схема автоматизації

## РЕФЕРАТ

Понамарьов Ярослав Олександрович. Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2022 р.

Дипломний проект містить 42 аркушів пояснювальної записки, 24 рисунка, 7 таблиць, 2 схеми. При виконанні дипломного проекту було використано 13 літературних джерел.

Даний дипломний проект спрямований на створення і опис системи автоматизованого електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг. Розроблено технічне завдання. Розроблено основні технічні креслення та алгоритми роботи. В ході проекту була розроблена система автоматизованого керування електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг, призначена для використання підприємствами.

Ключові слова: «Сумський державний університет» робокар, електропривод, технологічний процес, контролер, система керування, датчик, структурна схема.

## ABSTRACT

Ponamarov Yaroslav Olexandrovich. Automation of the electric drive of the robber with a loading capacity of 200 kg. Diploma project. Sumy State University. Sumy, 2022.

The diploma project contains 42 pages of explanatory note, 24 illustrations, 7 tables, 2 schemes. 13 literature sources were used during the diploma project.

This diploma project is aimed at creating and describing a system of automated electric drive robot with a capacity of 200 kg. The technical task is developed. The basic technical drawings and algorithms of work are developed. During the project, a system of automated control of the electric drive of a robot with a capacity of 200 kg was developed, intended for use by enterprises.

Key words: "Sumy State University" worker, electric drive, technological process, controller, control system, sensors, block diagram.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломного проекту  
Автоматизація електроприводу робочару вантажопідйомністю 200 кг

Керівник проекту:

Доцент, кандидат технічних наук:

Кулінченко Г.В.

Виконав:

студент групи СУ-81

Понамарьов Я.О.



## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ .....	6
1.1. Область застосування робокарів .....	6
1.2. Призначення, експлуатація та характеристики робокару вантажопідйомністю 200 кг. ...	10
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ РОБОКАРУ ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 200 КГ .....	13
2.1 Аналіз процесу руху робокару .....	13
2.2 Функціональні задачі керування .....	13
2.3 Опис контурів керування .....	13
2.3.1 Контур керування траєкторією руху робокару .....	14
2.3.2 Контур керування швидкістю робокару. ....	16
2.3.3 Контур позиціонування робокару .....	17
2.3.4 Контур блоку живлення .....	18
2.3.5 Контур зв'язку із пунктом керування .....	19
2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів .....	20
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	21
3.1 Підбір контролера .....	21
3.2 Підбір давачів .....	25
3.2.1 Давач швидкості .....	25
3.2.2 Давач електромагнітного поля .....	26
3.2.3 Давач відстані .....	27
3.2.4 Давач коду позиції .....	28
3.2.5 Вольтметр .....	29
3.3 Підбір виконавчих механізмів .....	30
3.3.1 Двигун .....	30
3.4 Підбір периферійних пристроїв .....	32
3.4.1 Драйвер .....	32
3.4.2 LCD-монітор .....	33

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Понамарьов Я.О.</i>			<b>Автоматизація електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кулінченко Г.В.</i>				2	40	
<i>Реценз.</i>						<b>СумДУ, СУ-81</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						

3.4.3 Клавіатура.....	35
3.4.4 WiFi модуль .....	36
РОЗДІЛ 4 Побудова SCADA-системи.....	37
4.1 Задачі SCADA .....	37
4.2 Вибір програмного забезпечення (ПЗ) .....	37
4.3 SCADA-система .....	38
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	41

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СУ – система управління  
САУ – система автоматичного управління  
МК – мікроконтролер  
Д – давач  
ВМ – виконавчий механізм  
ПЗ – програмне забезпечення  
ПЛК – програмований логічний контролер  
СА – схема автоматизації  
КК – контур керування  
ДПТ – двигун постійного струму  
МП – мікропроцесор

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Великий обсяг в промисловості займають вантажно-розвантажувальні і транспортно-складські операції. Продуктивність праці на цих роботах залежить від ступеня їх механізації і автоматизації. В останні роки для цих цілей все частіше стали використовуватися засоби робототехніки.

Відмінною особливістю вантажно-розвантажувальних і транспортно-складських робіт є велика різноманітність робочих операцій при їх виконанні. Переміщувані вироби і вантажі відрізняються один від одного масою і розміром, формою і жорсткістю. При автоматизації та механізації даного виду робіт необхідно враховувати і ту обставину, що вони проводяться в умовах обмеженого простору виробничих цехів, комор і складських приміщень. Тому засоби робототехніки, використовувані на цих роботах, повинні бути компактними і не повинні займати великий виробничої площі.

Для виконання вантажно-розвантажувальних і транспортно-складських робіт в автоматичному режимі потрібні транспортні роботи. Для їх впровадження необхідна висока ступінь автоматизації транспортно складської системи.

Таким чином, робокари є прикладом універсального автоматизованого транспортного засобу, який можна використовувати для транспортування оброблюваних заготовок і інших вантажів в гнучких виробничих системах різного технічного призначення та розробка якого описана в даному проекті.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

## 1.1. Область застосування робочарів

Мобільні роботи в сучасному світі знайшли широке застосування в розвитку автоматизації. Застосування підлогових самохідних візків (робочарів), оснащених механізмами перевантаження об'єктів транспортування і взаємодіючих з автоматизованими складами і буферними накопичувачами, стає перспективним напрямком розвитку транспортного устаткування ГВС. Функції механізмів перевантаження об'єктів можуть виконувати встановлені на візках роботи.

Логістика - наука про планування, контроль та управління транспортуванням, складуванням та іншими матеріальними та нематеріальними операціями, що здійснюються у процесі доведення сировини та матеріалів до виробничого підприємства, внутрішньозаводської переробки сировини, матеріалів та напівфабрикатів, доведення готової продукції до споживача відповідно до інтересів та вимог останнього, а також передачі, зберігання та обробки відповідної інформації[1].

У виробництві один із способів організації вантажоперевезень є транспортні роботи. По своїм функціональним можливостям вони займають проміжне положення між неперервними транспортними конвеєрами та електрокарами та навантажувачами, що керуються за допомогою людей. Якщо порівнювати з конвеєрами то роботи більш гнучкі, а якщо порівнювати з навантажувачами то вони більш автономні через те що вони автоматизовані. Також прокладка та зміна трас для руху робота здійснюється дуже просто. Ще можна сказати що транспортні роботи є стаціонарними та не потребують спеціального робочого місця. Також робочари, які живляться від бортових акумуляторів споживають менше енергії ніж конвеєри неперервної дії. Крім того, робочари практично безвідмовні та безпечні.

Слід зазначити, що перспективи розвитку робочарів визначаються не тільки рівнем схемотехнічних рішень та інформаційних технологій, але й можливостями інтеграції використовуваних засобів автоматизації до існуючих транспортно-складських систем[2].

Вантажно-розвантажувальні та транспортно-складські роботи можна розділити на такі типові види:

- Транспортування виробів від однієї виробничої машини до іншої (міжопераційне транспортування), передача виробів з однієї конвеєрної лінії на іншу та укладання готових виробів у тару.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Пакування і комплектування виробів в окремі блоки на транспортних піддонах та штабелювання їх у місцях зберігання.
- Навантаження готових виробів на транспортні засоби (візки, електрокари, автомобілі тощо) для перевезення на склади або з підприємств на центральні бази, залізничні станції, магазини[4].



Рисунок 1.1 – Корпус робота

Розглянемо приклад автоматизованої ділянки транспортно-складських робіт:

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

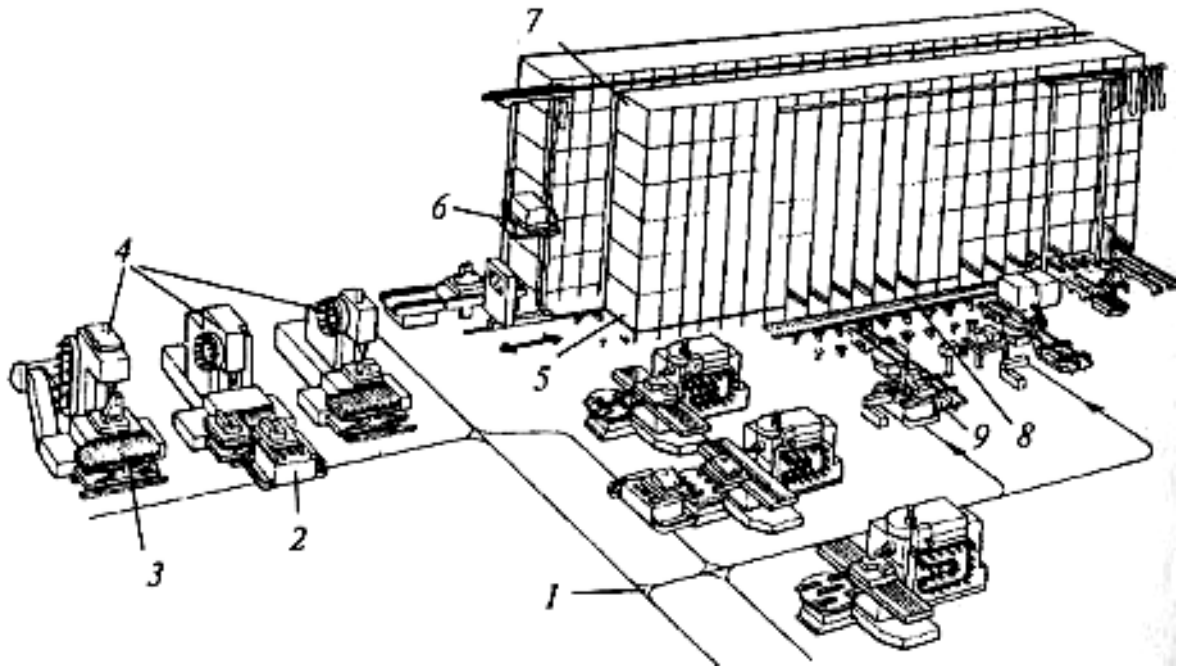


Рисунок 1.2 – Автоматизована ділянка металообробки фірми Murata

1. Траса пересування робочарів;
2. Робочар;
3. Пристрій автоматичної зміни супутників;
4. Ділянка механічної обробки;
5. Ділянка доставки заготовок складу;
6. Кран-штабелер;
7. Багатоярусний склад з автоматичним складуванням та пошуком;
8. Конвеєр готових деталей;
9. Підготовча ділянка.

На автоматизованій ділянці металообробки фірми Murata застосовують робочар з індуктивним управлінням, які мають можливість повороту на кут  $90^\circ$ , а деякі навіть на кут  $360^\circ$ . Зазвичай індуктивний кабель розміщують у підлозі цеху у вузьких траншеях шириною 3...10 мм на глибині 10...200 мм. Індуктивне управління робочарами забезпечується змінним струмом низької частоти, що подається по індуктивному кабелю. Навколо кабелю з'являється концентричне електромагнітне поле. На робочарі встановлені дві котушки, що реєструють напругу, що подається на керуючий пристрій робочара. Для збереження сталості переміщення робочара вздовж кабелю керуючий пристрій безперервно впливає на керуючий двигун для того, щоб усунути різницю напруги між двома котушками.

На деяких робочарах встановлюють систему управління світловим променем. Промінь висвітлює виконану на підлозі цеху флуоресцентну смугу або покладену на ньому

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

8

флуоресцентну стрічку. Фотодатчики реєструють флуоресценцію і передають отримані сигнали на відхиляючі котушки робокара.

Крім можливості переміщення робокара вздовж індуктивного кабелю нерідко потрібні відомості про його місцезнаходження та наявність вантажу. Для отримання подібної інформації у підлозі цеху у певних місцях встановлюють постійні магніти. Такі місця знаходяться, наприклад, до перетину трас або перед позицією завантаження-розвантаження. Для передачі керуючих сигналів робокаром, що переміщається, в підлозі цеху можуть бути вмонтовані також котушки, які перемикаються.

Про наявність вантажу на робокарі сигналізують фотоелектричні датчики або вимикачі. Коли робокар прибуває робочу позицію верстата, готовність до його прийому визначається з допомогою різних датчиків, наприклад інфрачервоних. Після прийому сигналу про готовність позиції (станції) робокар розвантажується, а після закінчення завантажувально-розвантажувальних робіт проводиться подальший обмін сигналами про готовність візка до переміщення.

Для завантаження робокарів застосовують кілька різних систем, найпростішою з яких є вбудований гідравлічний підйомник. Робокар з опущеною платформою входить між двома опорними спрямовуючими супутниками, потім піднімає платформу, щоб зняти супутник з напрямних, і виходить назад. Така система придатна для транспортування супутників зі складів на підготовчі ділянки або до проміжних накопичувачів, але не може застосовуватись за наявності на верстатах пристроїв автоматичної зміни супутників.

Управління робокарами здійснюється від ПК або технологічного контролера. Управління плануванням маршруту робокара проводиться за допомогою встановленого на ньому контролера.

Крім робокарів можуть застосовуватися транспортні візки, які переміщуються сталевими рейками, прикріпленими до підлоги цеху. Для направлення роликів візка служить центральна рейка. Тягове зусилля візка забезпечує електродвигун змінного струму. Завантажувальний-розвантажувальний пристрій має гідравлічний привід. При під'їзді до робочої позиції верстата візок зчитує встановлені на підлозі цеху кодові пластини, і його пристрій зупиняє візок на відповідній позиції[3].

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1.2. Призначення, експлуатація та характеристики робокару вантажопідйомністю 200 кг.

Призначенням робокару є доставка вантажу.

Головна задача керування робокаром є те щоб він переміщався по заданому маршруту з максимально можливою швидкістю та зупинявся у точках зупинки.

Для приводу робокару зазвичай використовують електродвигуни постійного струму зі змішаним збудженням. Швидкості руху від 30 для невеликих робокарів до 60 м/хв для більшості типів, які використовуються в механічних цехах. У робокарах можна застосовувати рекуперативне гальмування і механічне гальмування за допомогою електромагнітів.

Таким чином технологічне завдання формується як здійснення рухів платформи по заданій траєкторії у певній системі координат із стабільними параметрами рух та заданими прискоренням і гальмуванням.

Відповідно до сформульованих завдань транспортно-складських операцій, створено експериментальну фізичну модель автономного мобільного робота, зовнішній вигляд якого у схематичному вигляді представлено на рис. 1.2.

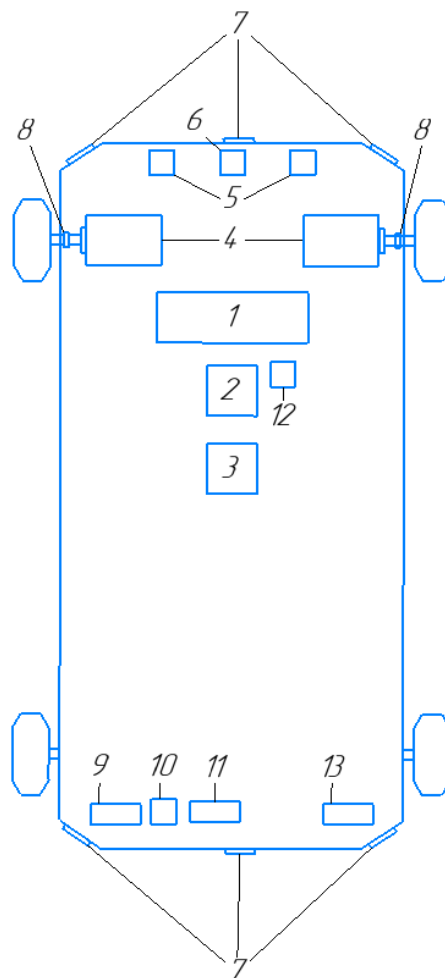


Рисунок 1.3 – Зовнішній вид робокару

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

10

1. Акумуляторна батарея;
2. Драйвер;
3. Мікроконтролер;
4. Тяглові двигуни;
5. Давачі е.м. поля;
6. Давач для зчитування коду позиції;
7. Давач відстані;
8. Давач швидкості;
9. LCD-монітор;
10. Клавіатура;
11. Індикатор заряду акумулятора.
12. Вольтметр
13. WiFi модуль

Робочар буде рухатися за електрокабелем, що проложений під полом цеху вздовж потрібної траєкторії руху робочару. На днищі робочару будуть встановлені давачі електромагнітного поля. По кабелю буде текти низькочастотний струм. Давачі під впливом поля змінюють опір. Внаслідок цього змінюється вихідний сигнал з давачів. Якщо доріжка знаходиться поміж двома давачами на однаковій відстані то вихідний сигнал у обох давачів однаковий. Якщо робочар помітно відклонився від потрібної траєкторії то вихідні сигнали будуть різними. У такому разі робочар потрібен скорегувати траєкторію руху та наближує її до потрібної (так, щоб вихідні сигнали давачів були однакові). Головний плюс цієї системи є те, що ця система є нечутлива до забруднення. Також ця система дає змогу робочару рухатися з високою швидкістю, через те що корекція траєкторії буде відбуватися плавно та без ризикання.

Орієнтовні характеристики робочара:

- максимальна швидкість: 15 км/год
- напруга живлення акумулятором: 24 В
- час гальмування: 2с
- прискорення: 1 м/с<sup>2</sup>
- рекомендована маса вантажу 200 кг
- максимальна маса вантажу: 250 кг

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

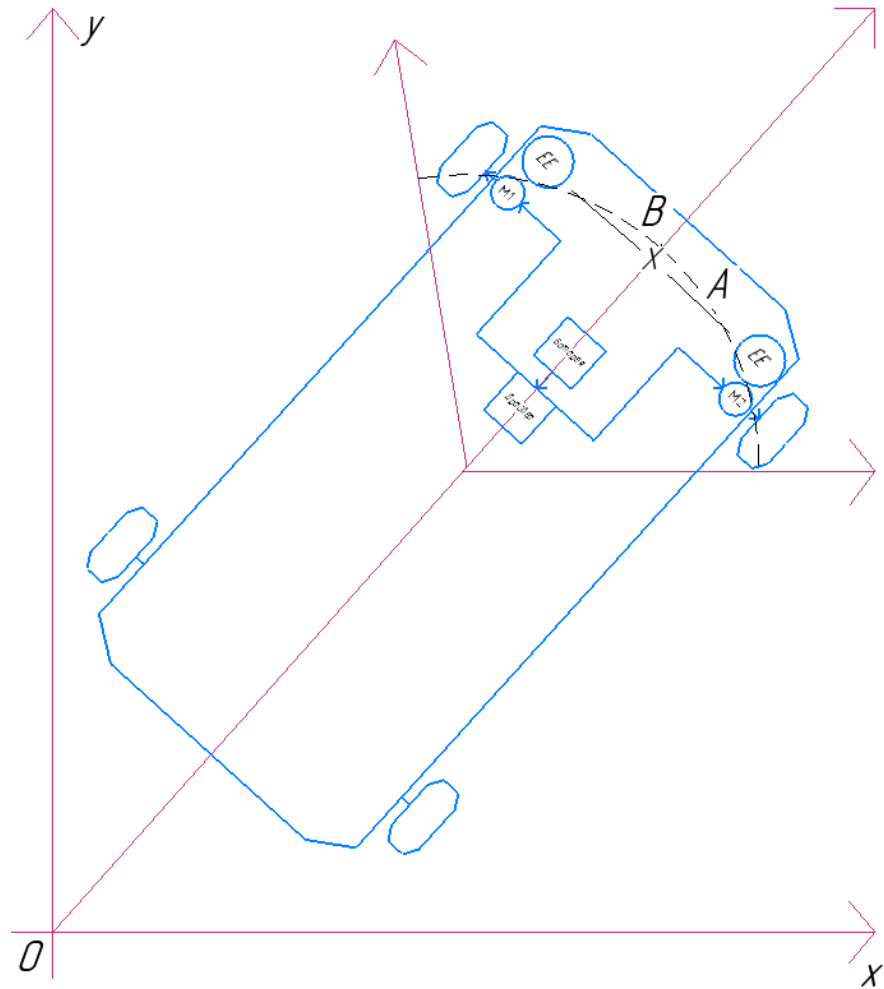


Рисунок 1.4 – Позиціонування робота

X – рівновіддалена від обох датчиків точка;

B, C – кути повороту.

Є два датчі електромагнітного поля. Так як їх два, найкращим варіантом позиціювання робота є рівновіддалена від обох датчиків точка X.

Для позиціювання робота по точці X потрібно щоб вихідний сигнал від обох датчиків дорівнював або був з максимально можливою погрешністю.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

12

## РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ РОБОКАРУ ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 200 КГ

### 2.1 Аналіз процесу руху робокару

Процес руху робокару можна представити у вигляді схеми контурів керування СУ-81.6.151.19.С1.

### 2.2 Функціональні задачі керування

На основі схеми контурів керування можна скласти список функціональних задач керування робокаром. Такими задачами є:

- Керування траєкторією руху робокару.
- Керування швидкістю робокару
- Позиціонування робокару
- Контур контролю акумулятора

### 2.3 Опис контурів керування

За схемою контурів керування була складена загальна функціональна схема робокару СУ-81.6.151.19.А2.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3.1 Контур керування траєкторією руху робокару

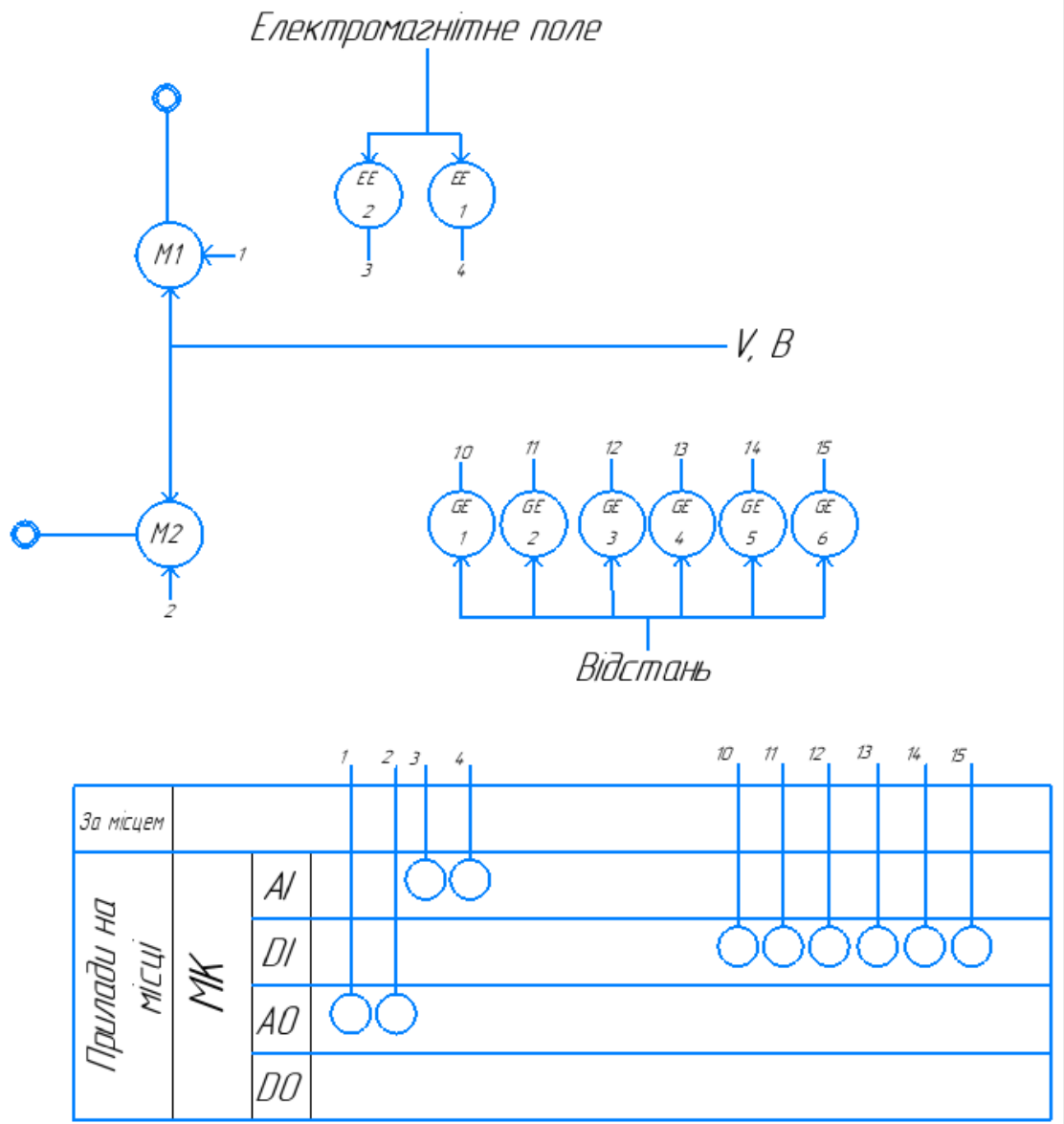


Рисунок 2.1 – Контур керування траєкторією руху робокару

Система управління траєкторією руху робокару забезпечує рух робокару «прямо», «вправо» і «вліво» та робить так щоб робокар оминав перешкоди.

Система містить:

- електрокабель наведення, розміщений під підлогою уздовж необхідної траєкторії руху;
- два датчі електромагнітного поля, встановлені на днище робокару симетрично справа і зліва щодо кабелю;
- два тягових привода;
- шість датчів відстані;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

14

- МК.

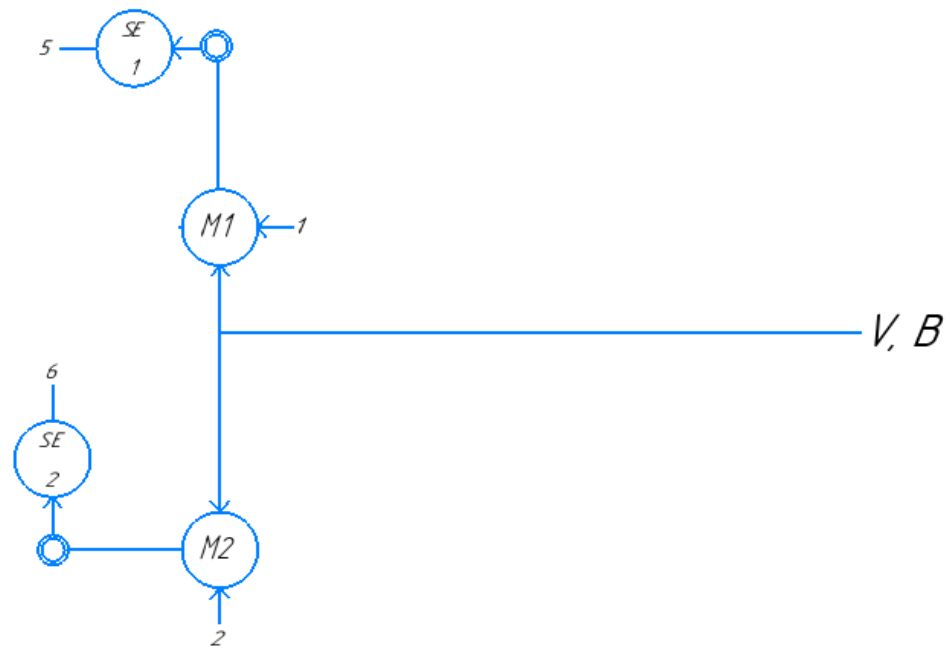
Якщо робочар відклонився від маршруту по кабелю то, через те що робочар змінив своє положення, змінюється електрична ємність на датчиках електромагнітного поля (ЕЕ), через це МК дасть сигнал приводам на корегування траєкторії доти, поки сигнали з датчиків не будуть дорівнювати потрібним значенням, що дорівнює руху робочару суто уздовж електрокабелю наведення.

Якщо датчик відстані дають сигнал про перешкоду на небезпечній відстані то, якщо це можливо зробити так щоб зовсім не виїхати з траси, робочар оминає її. Якщо неможливо то зупиняється та чекає на те щоб перешкода була прибрана.

Поворот наліво: правий двигун – передній хід, лівий двигун – задній хід, направо: лівий двигун – передній хід, правий двигун – задній хід.

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3.2 Контур керування швидкістю робокару.



За місцем		1	2	5	6	
Прилади на місці	МК	AI		○	○	
		DI				
		AO	○	○		
		DO				

Рисунок 2.2 – Контур керування швидкістю робокару

Система керування швидкістю робокару керує швидкістю робокару.

Система містить:

- два тяглових двигуна;
- два давачі швидкості;
- МК.

Давач швидкості знімає показання швидкості та передає на МК, МК корегує керуючий сигнал на привод так щоб швидкість була заданою.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

16

### 2.3.3 Контур позиціонування робокару

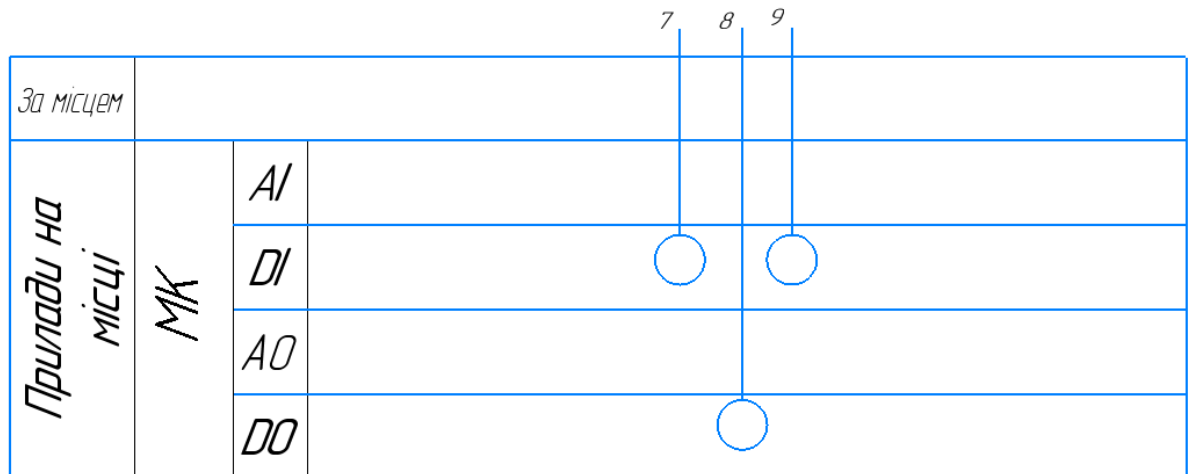
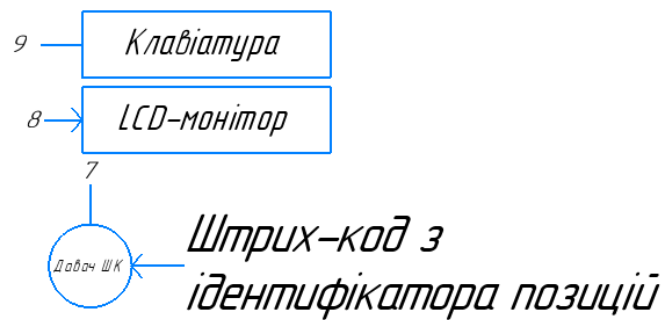


Рисунок 2.3 – Контур позиціонування робокару

Система позиціонування складається із:

- ідентифікаторів позицій зупинки або повороту робокару;
- клавіатури;
- LCD-монітора;
- мікроконтролера;
- давача для зчитування коду позиції.

Робокар рухається завдяки приводу. Ідентифікатори, виконані у вигляді пластин з нанесеним на них штрих-кодом, встановлені поблизу можливих позицій зупинки або повороту робокара. За допомогою консолі задають коди необхідних позицій зупинки. Коли давач зчитає потрібний штрих-код він подає сигнал МК, який подає сигнал на привод. Робокар або здійснить поворот або зупиниться і буде стояти в тій позиції доти поки не буде введений код нової позиції.



### 2.3.4 Контур блоку живлення

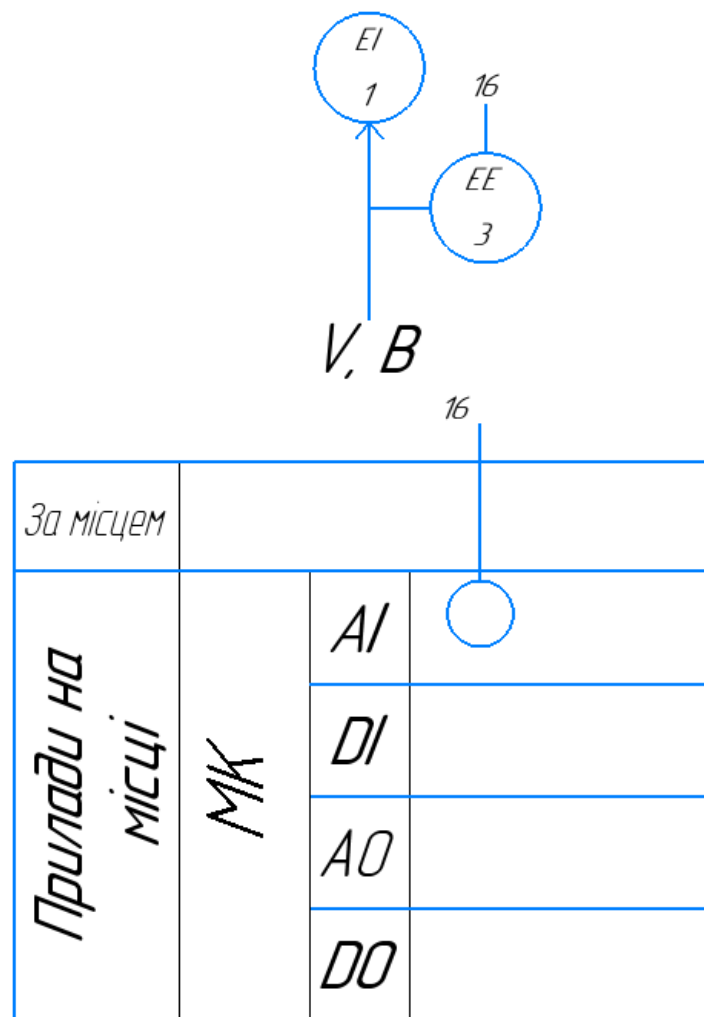


Рисунок 2.4 – Контур акумулятора

Система слідкування за зарядом акумулятора складається із індикатора заряду акумулятора, якого встановлено так щоб було можливо побачити рівень заряду та вольтметру, який передає показання на МК.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

18

### 2.3.5 Контур зв'язку із пунктом керування

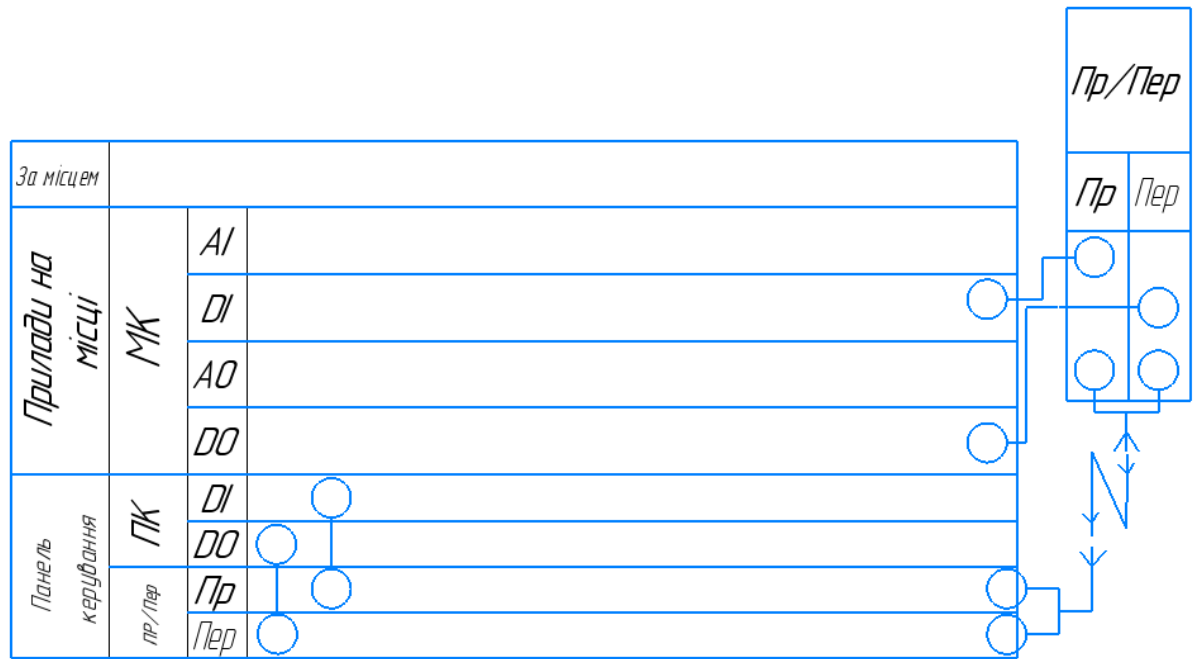


Рисунок 2.5 – Контур зв'язку із пунктом керування

Система зв'язку із пунктом керування складається із двох передавачів-приймачів, які забезпечують зв'язок робочара із пунктом керування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів

За результатами аналізу контурів керування, можемо скласти таблиці вхідних та вихідних сигналів (див. табл. 1, табл 2).

Таблиця 1 – Таблиця вхідних сигналів

№	Сигнал	Діапазон вимірювань	Тип сигналу
1	Електромагнітне поле	30-70 мТ	Аналоговий
2	Швидкість руху	0-15 км/г	Аналоговий
3	Відстань від перешкод	0-1,5 м	Аналоговий
4	Заряд акумулятора	23,88-25,4 В	Аналоговий
5	Код позиції	0-255	Кодовий

Таблиця 2 – Таблиця вихідних сигналів

№	Сигнал	Діапазон вимірювань	Тип сигналу	ВМ
1	Керуючий сигнал на двигун	0-255	Кодовий	Електропривод
2	Ввід з клавіатури	0-255	Кодовий	LCD-монітор

## РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Підбір контролера

Мікроконтролер (МК) – це електронний пристрій, за допомогою якого можна автоматизувати будь-який технологічний процес. Мікроконтролер використовується в складних умовах експлуатації якщо захищений. МК зазвичай працює в режимі реального часу[5].

МК являють це закінчена МП-система обробки інформації, що по суті є великою інтегральною мікросхемою. МК поєднує в межах одного напівпровідникового кристала основні функціональні блоки МП керуючої системи:

- центральний процесор,
- постійний запам'ятовувальний пристрій,
- оперативний запам'ятовувальний пристрій,
- периферійні устрої для уведення й виводу інформації.

Широке розмаїття моделей МК, можливість розробки й виробництва нових моделей у короткий термін забезпечує модульний принцип побудови МК. При модульному принципі побудови всі МК одного сімейства містять у собі базовий функціональний блок, який однаковий для всіх МК сімейства, і змінюваний функціональний блок, який відрізняє МК різних моделей у межах одного сімейства.

Базовий функціональний блок включає:

- Центральний процесор.
- Внутрішні магістралі адреси, даних і керування.
- Схему формування багатofазної імпульсної послідовності для тактування центрального процесора й міжмодульних магістралей.
- Устрій керування режимами роботи МК, такими, як активний режим, у якому МК виконує прикладну програму, режими зниженого енергоспоживання, в один із яких МК переходить, якщо за умовами роботи виконання програми може бути припинено, стан початкового запуску (скидання) і переривання.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

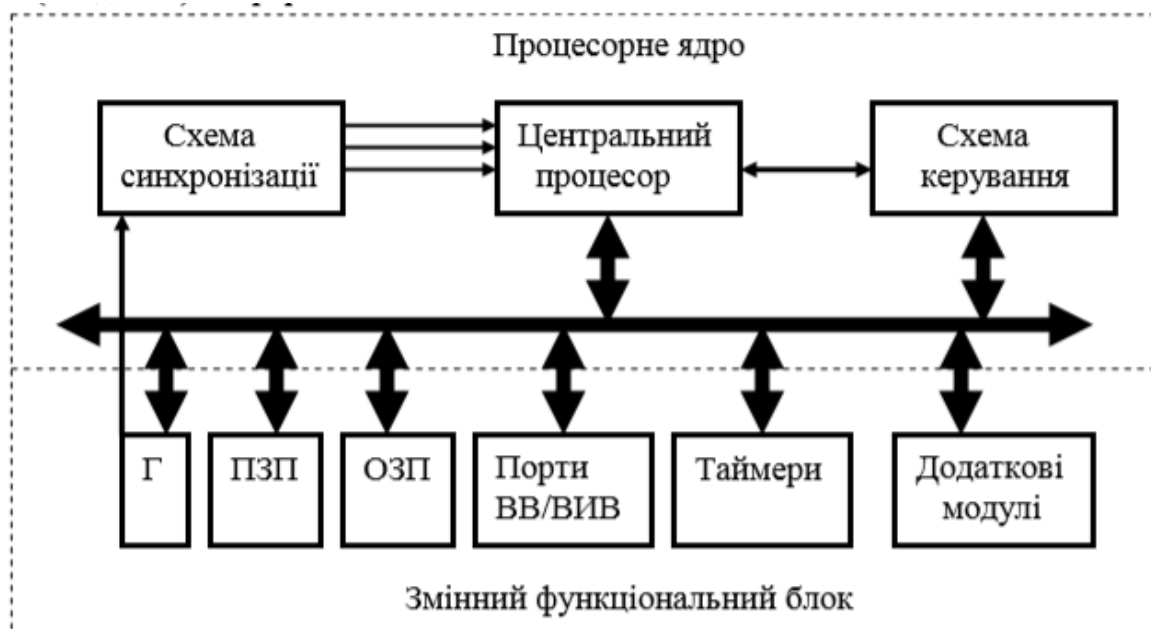


Рисунок 3.1 – Модульна будова мікроконтролера

Базовий функціональний блок це процесорне ядро МК. Процесорне ядро позначають ім'ям сімейства МК, основою якого воно є.

Змінюваний функціональний блок включає в себе:

- модулі різних типів пам'яті;
- модулі периферійних пристроїв;
- модулі генераторів синхронізації й деяких додаткових модулів спеціальних режимів роботи МК.

В кожному модулі є виводи для підключення його до внутрішніх магістралей мікроконтролера. Це дозволяє «приєднувати» ті або інші модулі до магістралей процесорного ядра, створюючи в такий спосіб різноманітні за структурою МК у межах одного сімейства. Бібліотека периферійних модулів це сукупність модулів, які розроблені для певного процесорного ядра.

Якщо раніше під довільно поєднуваними до складу МК модулями малися на увазі тільки модулі периферійних пристроїв, то тепер це:

- Модулі пам'яті.
- Модулі убудованих генераторів синхронізації.
- Модулі периферійних пристроїв.
- Модулі контролю за напругою живлення й ходом виконання програми.
- Модулі внутрішньосхемного налагодження й програмування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Група модулів периферійних пристроїв включає більшість із відомих типів адаптерів сполучення з об'єктом:

- Паралельні порти введення/виводу з можливістю індивідуального налаштування напряму передачі кожної лінії.
- Багаторежимні таймери/лічильники, таймери періодичних переривань, процесори подій.
- Контролери послідовного інтерфейсу зв'язку декількох типів (SCI, SPI, CAN).
- Багатоканальний АЦП.
- Контролери ЖК-індикаторів і світлодіодної матриці.

В якості МК для системи автоматизованого керування був обраний мікроконтролер STM32 плати STM32F103C8T6 (більш відомий як «Blue Pill» з сімейства процесорів ARM-Cortex-M3).



Рисунок 3.2 – Плата STM32F103C8T6

Характеристики плати:

- Ядро: ARM 32-біт; Процесор: Cortex™ -M3; 72 МГц,
- Вбудований контролер переривань (43 канали);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

23

- Пам'ять: 64 Кбайт флеш-пам'яті; 20 Кбайт SRAM;
- Кількість входів/виходів: 37;
- Інтерфейси: CAN, I<sup>2</sup>C, IrDA, LIN, SPI, UART/USART, USB;
- Периферія: DMA, Motor Control PWM, PDR, POR, PVD, PWM, WDT;
- АЦП/ЦАП: A/D 10x12b;
- Робоча частота: 72 МГц; • Кварцовий резонатор: 8 МГц і 32768 кГц;
- Напруга живлення: 2 В ~ 3.6 В;
- Розмір: 5.3 x 2.2 см.

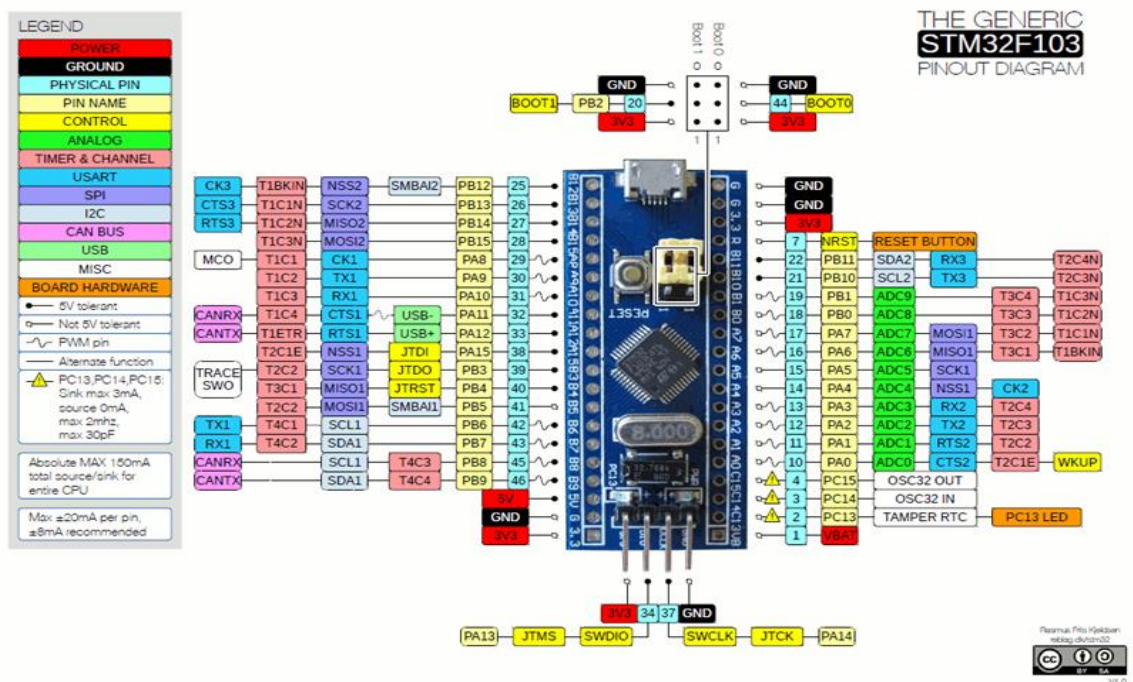


Рисунок 3.3 – Розпіновка плати STM32F103C8T6

Програмування здійснюється в інтегрованому середовищі розробки STM32Cube IDE, яке пристосоване для розробки коду мікроконтролерів архітектури ARM. Середовище дозволяє завантажувати вихідний код програми, редагувати його, проводити компіляцію, прошивати контролер і проводити налагодження.

						Арк.
					СУ-81 6.151.19.ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3.2 Підбір давачів

### 3.2.1 Давач швидкості

Давач швидкості (інкрементальний енкодер) - пристрій, за допомогою якого можна визначити швидкість і напрямок руху елемента механізму, що обертається (осі або валу мотора, барабана лебідки). Інкрементальний енкодер перетворює механічний рух в електричні сигнали які зрозумілі системі управління.

Осі елемента, що обертається, і енкодера з'єднуються між собою за допомогою спеціальної гнучкої перехідної муфти або жорсткої втулки. Також датчик швидкості можна встановити безпосередньо на вал або барабан.

Передача імпульсів відбувається лише під час обертання та припиняється з його зупинкою. Інкрементальний енкодер не запам'ятовує положення нерухомого об'єкта. З поновленням руху відлік щоразу починається з нуля.

Таблиця 3: Порівняння характеристик давачів швидкості

Давач	LPD3806-600BM-G5-24C 600 P/R	LPD3806-100BM-G5-24C 100 P/R	Omron E6B2-CWZ6C 1000
Точність, імп/об	600	100	1000
Робоча напруга, В	5-24	5-24	5-24
Ціна, грн	577,80	550	1031,30

Якщо порівнювати характеристики цих трьох давачів то, якщо брати за основні характеристики точність та ціну, найкращим варіантом буде LPD3806-100BM-G5-24C 100 P/R.





Рисунок 3.4 – LPD3806-100BM-G5-24C 100 P/R

### 3.2.2 Давач електромагнітного поля

У якості давача електромагнітного поля був обраний TLE5011 SOP8.

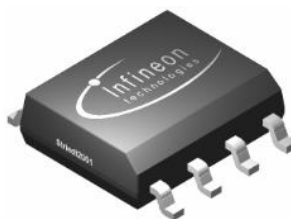


Рисунок 3.5 – TLE5011 SOP8

Таблиця 4: Характеристики TLE5011 SOP8

Робоча напруга, В	Струм живлення, мА	Магнітний робочий діапазон, мТ	Допустима помилка, %	Діапазон температур,
4,5 – 5,5	15	30 – 70	0,7	-40 – 150

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

26

### 3.2.3 Давач відстані

Прийнято рішення використати у якості відстані інфрачервоний давач.  
Був обраний давач Sharp GP2Y0A02YK0F.

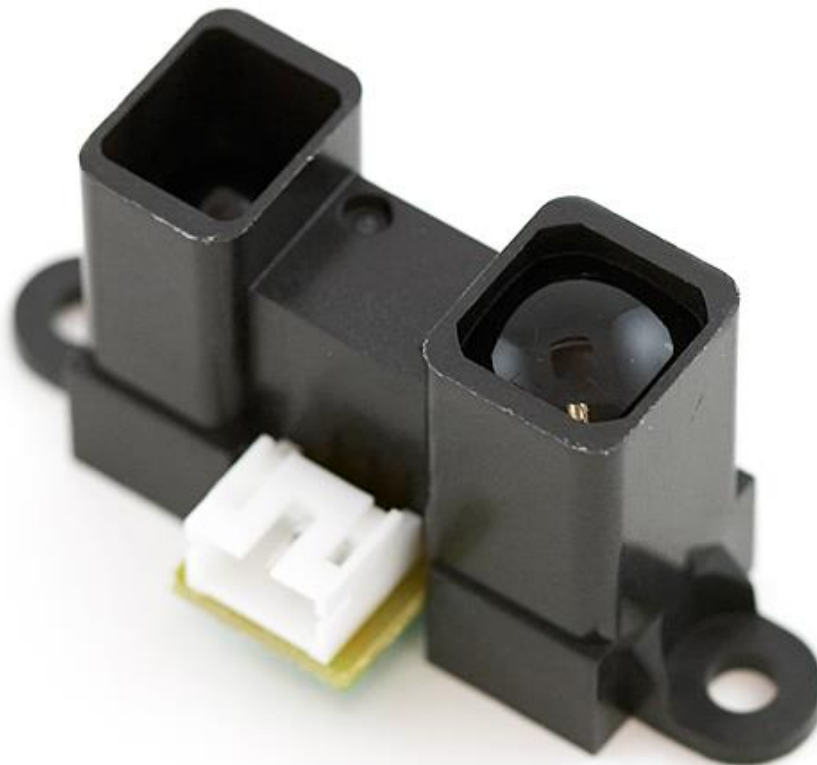


Рисунок 3.6 – Sharp GP2Y0A02YK0F

Характеристики давача Sharp GP2Y0A02YK0F

- Вхідна напруга: 4,5-5,5 В
- Струм живлення: 33 мА
- Дальність вимірювання: 20-150 см
- Точність виміру: від 0,3 см
- Температура експлуатації: -10 - +50 °С
- Час відгуку: 15 мс
- Частота дискретизації: 26 Гц

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

27

### 3.2.4 Давач коду позиції

Таблиця 5: Порівняння характеристик давачів коду позиції

Давач	Zebra MS954	Zebra MS1204
Швидкість сканування, скан/с	104	36
Відстань сканування, см	0-88,9	0-1,52
Кут зчитування, °	47±3	32±2
	35±3	30 ±2

Якщо порівнювати характеристики цих трьох давачів то, якщо брати за основні характеристики швидкість сканування та відстань сканування, найкращим варіантом буде Zebra MS954.



Рисунок 3.7 – Zebra MS954

### 3.2.5 Вольтметр

Був обраний датчик напруги LV 25-P.



Рисунок 3.8 – LV 25-P.

Характеристики:

- Діапазон вимірювання: 10-500 В;
- Точність: 0,9%;
- Лінійність: 0,2%;
- Робоча температура: 0-70°C
- Низький час відгуки
- Кількість пінів: 2

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Підбір виконавчих механізмів

#### 3.3.1 Двигун

Основними типами електричних машин, що використовуються в тяговому приводі, є:

– колекторний двигун постійного струму (ДПС), всі переваги якого нівелюються наявністю механічного щіткового колекторного вузла, що знижує надійність цього двигуна;

– асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (АД), який має більшу надійність, кращі масогабаритні параметри та низьку вартість. В той же час АД програє по масогабаритним параметрам синхронним двигунам з постійними магнітами (СДПМ). Певні складнощі з відводом тепла від ротора погіршують експлуатаційні характеристики АД;

– СДПМ має високий ККД (вище 90 %), високу перевантажувальну здатність, кращі масогабаритні показники, широкий діапазон регулювання швидкості та моменту. Відносно висока вартість досі обмежувала використання СДПМ[6].

– Вентильний двигун (ВД), що також, як і СДПМ, відноситься до безколекторних електричних машин (BLDC), має високу перевантажувальну здатність, високий ККД в широкому діапазоні регулювання швидкості та моменту, гарні тепло-відводні якості. Серед недоліків слід вказати пульсації моменту, що обумовлені комутацією обмоток[7].

Головною перевагою BLDC є тягова характеристика постійної потужності. Хоч на розглянутих типах електричних машин теж можна реалізувати таку характеристику, але така реалізація приводить до необхідності використання електричних машин підвищеної потужності[8].

Переваги і недоліки електричних машин, що використовуються при розбудові електроприводу мобільного робота приведена в Таблиці 6:

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6: Порівняльна таблиця електродвигунів[9]

Тип двигуна	Безколекторний двигун постійного струму (BLDC)	Колекторний двигун постійного струму	Асинхронний двигун
Робочий струм	Постійний	Постійний	Змінний
ККД	Вище 0,9	0,75-0,95	0,7-0,9
Механічна характеристика	Жорстка	Жорстка	М'яка
Ціна	Висока	Середня	Низька
Щітки	Немає	Є	Немає
Складність керування	Висока	Низька	Низька

Був обраний безколекторний двигун постійного струму, оскільки в умовах його живлення від акумуляторної батареї показник енергоефективності приймає переважне значення.

Вибрано електродвигун PSM86-4430B8E1NL 440 W 24V зовнішній вигляд якого показано на рис. 3.9.



Рис. 3.9 – Зовнішній вигляд PSM86-4430B8E1NL 440 W

Цей вибір обумовлений можливостями досягти компромісів між рівнем необхідних технічних показників та вартістю використаних технічних засобів та програмного забезпечення.[9]

Таблиця 7: Параметри двигуна PSM86-4430B8E1NL 440 W

Найменування	Значення
Напруга	24 В
Струм	24 А
Номінальна потужність	440 Вт
Швидкість обертання	3000 об/хв

### 3.4 Підбір периферійних пристроїв

#### 3.4.1 Драйвер

Був обраний драйвер WS55-220.

Характеристики:

- Номінальна напруга: 20-50 В
- Номінальний струм: 12-15 А
- Вага: 258 г
- Температура: 0-45 °С

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.10 – Драйвер WS55-220

### 3.4.2 LCD-монітор

Був обраний LCD QC1602A дисплей для підключення до Arduino. Він має два рядки по 16 символів в кожній. Працює зі стандартною бібліотекою LiquidCrystal з поставки Arduino IDE.



Рис. 3.11 – LCD QC1602A

Характеристики LCD-екрану:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-81 6.151.19.ПЗ

Арк.

33



Розміри 80 x 36 мм

Робоча температура 0 ~ 50 ° С

Підсвітка блакитна

Колір символів білий

Розмір символу 4.35 x 2.95мм

Формат 16 x 2

Розміри точки 0.5 x 0.5мм

Інтерфейс HD44780

Видима область 64.5 x 13.8мм

Живлення 5В

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4.3 Клавіатура

Основні типи клавіатур на сьогоднішній день це:

- матричні;
- резистивні (resistor based keypad).

Матричні клавіатури це найпростіший, найдешевший і найпопулярніший вид клавіатур. Він відносно простий у виготовленні та заповнює собою більшу частину ринку.

Переваги матричних клавіатур перед резистивними:

- Більш низька ціна;
- Легше знайти у продажу.

Резистивні клавіатури дорожче і їх складніше купити, але вони займають менше пінів. В резистивних клавіатурах для зміни рівня напруги використовуються резистори, а сигнал виходить по одному каналу, який підключається власне аналоговий пін на платі.

Переваги резистивних клавіатур перед матричними:

- Більш просте підключення
- Займає менше пінів

Була обрана резистивна клавіатура 4x4.

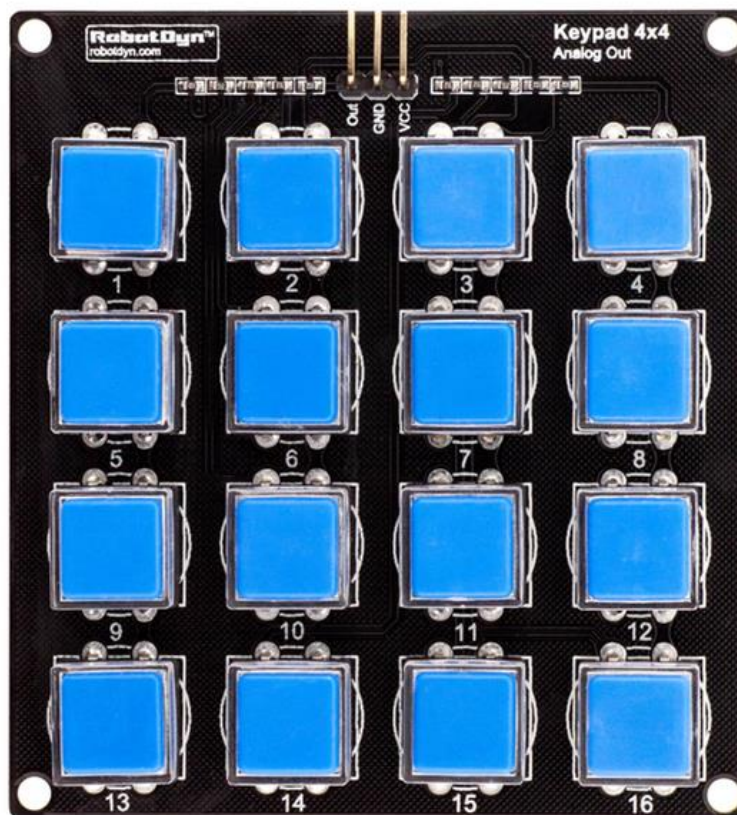


Рис. 3.12 – Резистивна клавіатура 4x4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.4.4 WiFi модуль

Був обраний WiFi модуль NRF24L01+PA+LNA (модуль NRF24L01 зі вбудованим підсилювачем сигналу та антеною) який може передавати та приймати інформацію на 800+ метрів.

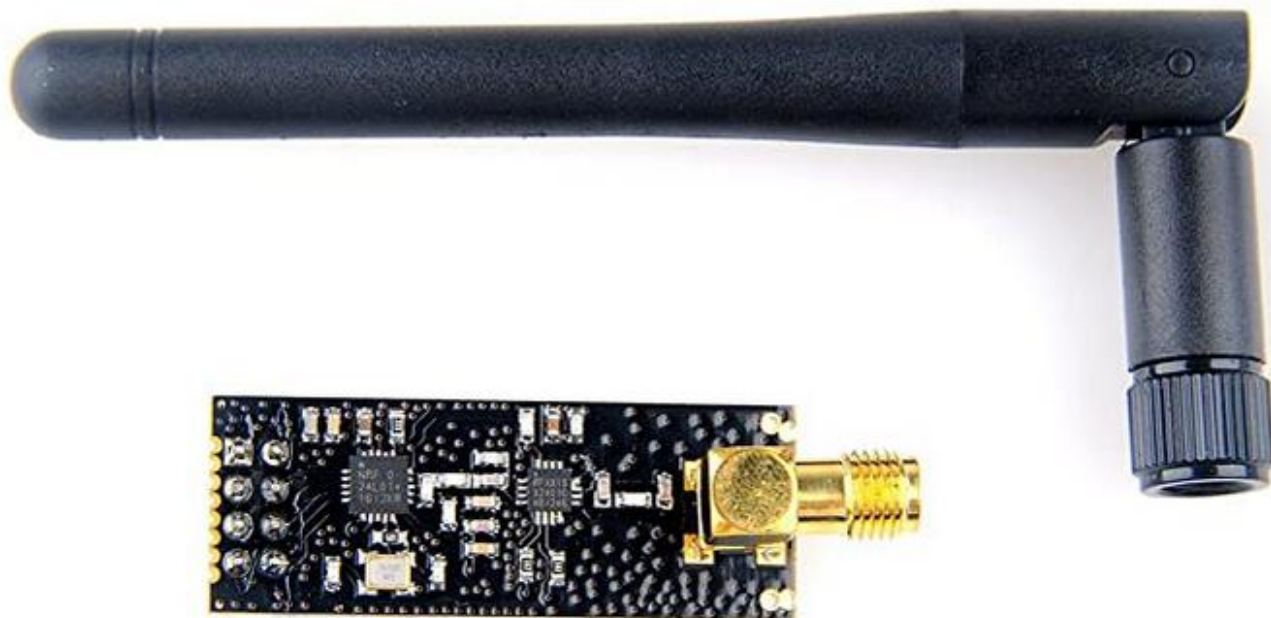


Рис. 3.13 – WiFi модуль NRF24L01 зі вбудованим підсилювачем сигналу та антеною

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4 Побудова SCADA-системи

### 4.1 Задачі SCADA

У даному проекті SCADA-система потрібна для керування об'єктом та моніторингом його стану дистанційно.

Основні задачі SCADA-системи у даному проекті:

- Мати змогу віддалено слідкувати в реальному часі за такими параметрами системи як: заряд батареї, швидкість руху робокару, код позиції призначення та позиції відправки;
- Мати змогу віддалено керувати швидкістю руху та задавати код позиції призначення;
- Мати змогу віддалено робити екстрену зупинку робокару;
- Вести бази даних реального часу з технологічною інформацією по системі;
- Полегшити облік документації за допомогою генерованих звітів про перебіг технологічного процесу[10, 11, 12].

### 4.2 Вибір програмного забезпечення (ПЗ)

Для створення системи SCADA існує велика кількість спеціальних ПЗ:

- Simatic WinCC;
- Simple Scada;
- Rapid SCADA;
- SCADA KVisionOPC
- SimpLight

Із цих п'ятьох програм, для створення SCADA системи я обрав програму SimpLight.

Основні можливості SimpLight наступні:

- можна наглядно показати технологічний процес;
- відображає, архівує та записує інформацію отриману від технологічних об'єктів;
- відкритий OPC-інтерфейс (OLE for Process Control);
- може зберігати, відображати та записувати типи змінних

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 SCADA-система

Для початку потрібно створити канали які відповідають за сигнали від датчиків та керуючі сигнали.

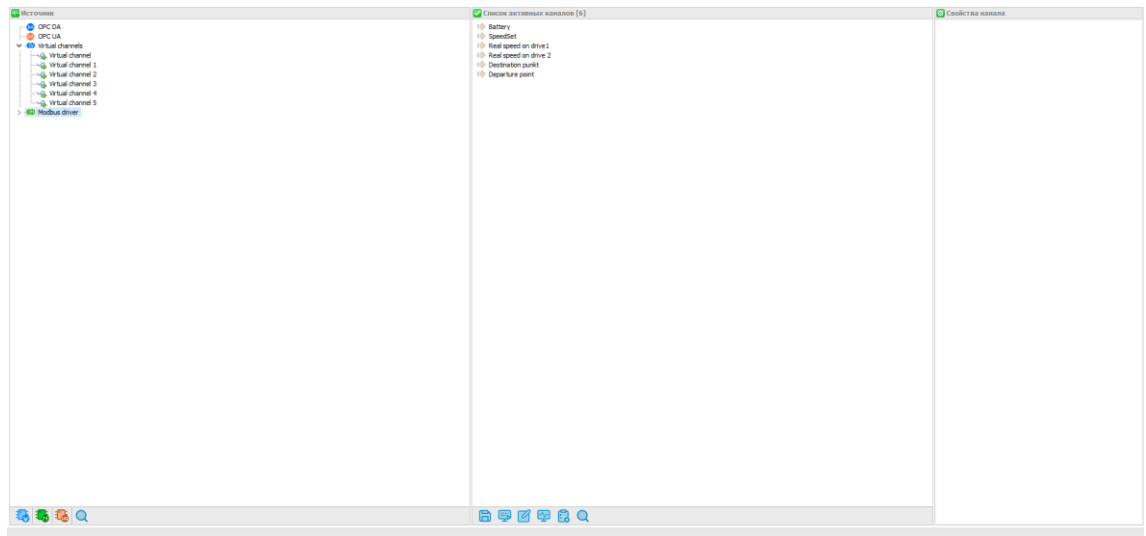


Рис. 4.1 – Конфігуратор каналів

Далі потрібно розробити мнемосхему для наглядної демонстрації протікання процесів що відбуваються у системі.

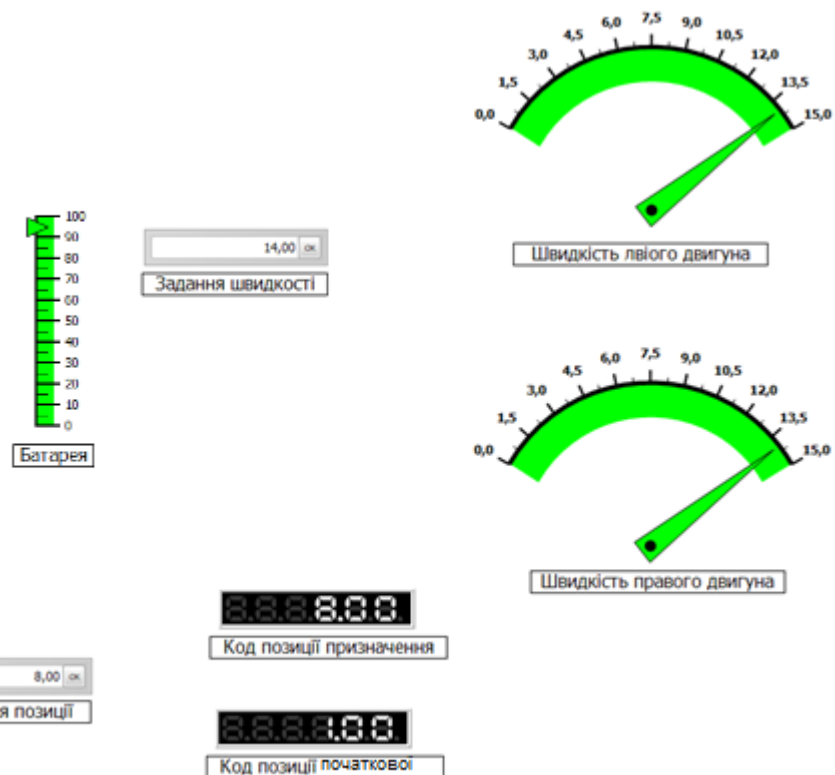


Рис. 4.2 – SCADA-система керування робота

Вище можна побачити мнемосхему SCADA-системи керування робокаром.

За допомогою SCADA-системи оператор має змогу:

- спостерігати за зарядом батареї;
- спостерігати за швидкістю робокару;
- знати код позиції призначення та початкової позиції;
- задавати швидкість руху робокару та робити екстрену зупинку, якщо це потрібно
- вводити код позиції віддалено.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розроблено систему автоматизації електроприводу робокару вантажопідйомністю 200 кг. а саме проведено аналіз об'єкта:

Розглянута область застосування (для транспортно-складських та вантажорозважувальних робіт), призначення та характеристики.

В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено схему інформаційно – матеріальних потоків. З її використанням розроблено функціональну схему автоматизації. Детально розглянуті окремі контури керування: контур керування траєкторією робокару, контур керування швидкістю робокару, контур позиціонування робокару, контур акумулятора. Складено таблицю вхідних та таблицю вихідних сигналів.

Обрані технічні засоби автоматизації, а саме: датчики, серед яких датчик швидкості, датчик електромагнітного поля, датчик відстані, датчик координат, вольтметр, виконавчі механізми, а саме двигуни, периферійні пристрої, серед яких драйвер, LCD-монітор, клавіатура, WiFi-модуль.

Для розробки SCADA запропоновано обрати середовище SimPLight. Розроблена SCADA-система за допомогою якої можна спостерігати за зарядом батареї, швидкістю координат призначення та початкової позиції. Також можна задавати швидкість та вводити код позиції віддалено.

					СУ-81 6.151.19.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Транспортно-накопительные системы для ГПС/В. А. Егоров, В.Д. Лузанов, С.М. Щербаков, - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 203 с.: ил. ISBN 5-217-00542-4
2. Шарин Ю.С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1986. – 176 с ил.
3. Основы автоматизации технологических процессов: учебник / В.Ю. Шишмарёв. — Москва : КНОРУС, 2019. — 406 с.
4. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, о. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. - 2-е ИЗД., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 304 с. ISBN 5-7695-2911-3
5. Момот М.В. Мобильные роботы на базе ARDUINO / М.В.Момот // БХВ-Петербург., 2020.
6. Абузьяров Т.Х., Плехов А.С., Дарьенков А.Б., Ермолаев А.И. Разработка модели систем высококачественного бесколлекторного электропривода постоянного тока//Вестник ИГЭУ, 2020. –Вып. 1. –С.31–45.
7. Белов Г.В., Тюленев В.Е. Исследование динамики электропривода SIEMENS MOTOR 1FT6 промышленного робота.// Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием, 2018. – Ярославль: Издательский дом ЯГТУ, С. 352 –357.
8. Кулінченко Г.В., Новіков О.О., Петренко Р.В., Багута В.А. Побудова приводу мобільного робота на базі безколекторного двигуна// Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» – Херсон: 2018–С. 182–184.
9. Кулінченко Г. В., Леонтьєв П. В., Левковський О. В., Понамарьов Я.О. Моделювання тягового режиму безколекторного двигуна// Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. – Vancouver, Canada: Cognum Publishing House, 2022. – P. 209-217.
10. Harmeet Kaur, Himanshi Nigdikar, Kratika Mittal, Ajender Singh Car Parking Monitoring Using PLC & SCADA - National Conference on Synergetic Trends in

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



11. Filaretov V. F. Planning smooth paths for mobile robots in an unknown environment / V. F. Filaretov, D. A. YY» // Journal of Computer and Systems Sciences International. - Vol. 56. - Issue 4. - 2017.
12. Siggins, Morgana. "14 Major SCADA Attacks and What You Can Learn From Them". DPS Telecom. DPS Telecom. Retrieved 26 April 2021.
13. Marta C. Mora, Leopoldo Armesto, Josep Tornero MANAGEMENT AND TRANSPORT AUTOMATION IN WAREHOUSES BASED ON AUTO-GUIDED VEHICLES – IFAC Proceedings Volumes, Volume 39, Issue 15, 2006, Pages 671-67

					<b>СУ-81 6.151.19.ПЗ</b>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

